

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



JC872 U.S. PRO  
09/967063  
09/28/01

#3

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 199 17 165.3

Anmeldetag: 16. April 1999

Anmelder/Inhaber: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe/DE;  
Schumacher Umwelt- und Trenntechnik GmbH, Crailsheim/DE.

Bezeichnung: Verfahren zum Abreinigen von rohrförmigen Filterelementen

IPC: B 01 D 46/24

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. Juni 2000  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Seiler

Forschungszentrum  
Karlsruhe GmbH,

Karlsruhe, den 14. April 1999  
PLA 9924 Sdt/he

Schumacher Umwelt- und  
Trenntechnik GmbH

Crailsheim, den 14. April 1999

**Verfahren zum Abreinigen von rohrförmigen Filterelementen**

Forschungszentrum  
Karlsruhe GmbH,

Karlsruhe, den 14. April 1999  
PLA 9924 Sdt/he

Schumacher Umwelt- und  
Trenntechnik GmbH

Crailsheim, den 14. April 1999

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Abreinigen von durch Rohgas angeströmten rohrförmigen Filterelementen mit einem den Filterelementen in Strömungsrichtung nachgeschalteten, im Reingasraum angeordneten Sicherheitsfilter, durch Rückspülung des Filterelementes von der Reingasseite her, dadurch gekennzeichnet,  
daß der zum Rückspülen erforderliche Spülgasstrom vom Reingasraum (5) hinter dem Filterelement (2) unter Absperren desselben gegen die Abluftseite (10) durch den Sicherheitsfilter (6) in bzw. durch die Filterkerze (2) geführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Einleitung eines Abreinigungsvorganges unmittelbar vor dem Öffnen des schnellöffnenden Abreinigungsventiles (15) für den Spülgasstrom zunächst eine zwischen dem Ventil und dem Reingasraum (5) angeordnete Klappe (16) geöffnet und nach oder gleichzeitig mit dem Schließen des Ventiles wieder geschlossen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Abreinigung unter Prozeßdruck mit einem Rückspuldruck durchgeführt wird, der höher ist als der Prozeßdruck.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,  
daß das Rückspülmedium impulsweise eingeleitet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüch 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet,  
daß die Abreinigung mit heißem Gas durchgeführt wird.
6. Vorrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5 mit mindestens einem rohrförmigen Filterelement, dem in Strömungsrichtung im Reingasraum ein Sicherheitsfilter nachgeschaltet ist, wobei der Reingasraum mindestens eine Abluftöffnung aufweist, dadurch gekennzeichnet,  
daß der Reingasraum (5) mindestens eine Anschlußleitung (9) für die Spülspülung (8) aufweist und daß in oder an der Abluftöffnung (10) ein strömungsdynamischer Schalter (12) ohne bewegliche Teile angeordnet ist, dessen Durchlaß wechselweise durch den an ihm vom Reingasraum (5) her anliegenden niedrigeren Prozessdruck freigegeben und durch den höheren Rückspüldruck gesperrt wird.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,  
daß in der Anschlußleitung (9) ein schnellöffnendes Abreinigungsventil (15) angeordnet und zwischen diesem und dem heißen Reingasraum (5) eine zusätzliche Klappe (16) zwischengeschaltet ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet,  
daß der Schalter (12) aus einem Wabenkörper mit durchgehenden Längskanälen (13) mit Querschnitten im Bereich von wenigen mm<sup>2</sup> besteht.
9. Vorrichtung nach einem der Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,  
daß der Wabenkörper aus Keramik wie z.B. SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cordierit oder Spinell besteht.

10. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet,  
daß der Schalter (12) aus porösen Materialien wie Schäumen, Metallfasern,-geweben oder anderen Fasermaterialien, Kornkeramik oder Sintermetallen mit einem durchgehenden Porensystem mit wenigen 100 $\mu\text{m}$  Querschnitten besteht.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,  
daß die porösen Materialien aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Spinell oder Sintermetallen bestehen.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet,  
daß der Sicherheitsfilter (6) eine höhere Durchlässigkeit als die Filterkerze (2) und der strömungsdynamische Schalter (12) eine höhere als der Sicherheitsfilter (6) aufweist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet,  
daß der die Durchlässigkeit des Schalters (12) bestimmende Druckverlust im Bereich von 30 bis 250 Pa bei 2,5 cm/sec Strömungsgeschwindigkeit liegt.

Beschreibung:

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abreinigen von durch Rohgas angeströmten, rohrförmigen Filterelementen mit einem den Filterelementen in Strömungsrichtung nachgeschalteten, im Reingasraum angeordneten Sicherheitsfilter, durch Rückspülen des Filterelementes von der Rein-gasseite her, sowie eine Vorrichtung zur Ausübung des Verfahrens. Als Filterelemente sollen dabei vor allem sogenannte Filterkerzen, die bei der Heißgasfiltration verwendet werden, beispielsweise betrachtet werden. Es versteht sich jedoch, daß das erfindungsgemäße Verfahren auf alle rohrförmigen oder hohlzylindrischen Filterelemente anwendbar ist.

Bei konventionellen Systemen wird die Abreinigungsintensität durch die Schallgeschwindigkeit als Obergrenze für die Durchströmung der Filterkanäle begrenzt. Da der Überdruck in Filterkerzen, der für die Abreinigung notwendig ist, aus der Bewegungsenergie des Gases gewonnen wird, bleibt er deswegen begrenzt. Das Betriebsverhalten verschlechtert sich zusätzlich, wenn die Filter einen hohen Widerstand z. B. durch eingedrungenen Feinstaub, hohe Staubgehalte oder hohe Filtrationsgeschwindigkeiten aufweisen. Verstopfte Filter können daher kaum wieder freigeblasen werden.

Das neue Verfahren befaßt sich speziell mit der Hochtemperatur-Partikelfiltration vor allem keramischer Filterkerzen. Speziell ist die Problematik der Abreinigung und des gleichzeitigen Anlagenschutzes beim Bruch einer Filterkerze angesprochen. Zur Abreinigung der Filterkerzen wird derzeit reingasseitig ein Druckimpuls eingeleitet. Bei langen Kerzen mit geringem Innendurchmesser ergeben sich hieraus im Bereich des Kerzenkopfes nur vergleichsweise geringe erzielbare Abreinigungsintensitäten. Systembedingt muß das Spülmedium beim 2-fachen des Systemdruckes liegen, um eine

optimale Abreinigungsintensität zu erzielen. Der Druck beträgt dabei üblicherweise mindestens 6 bar. Bei der druckbetriebenen Kohlekonversion bedeutet dies Abreinigungsdrücke zwischen 15 und 60 bar, auf die gereinigtes Produktgas oder N<sub>2</sub> als Abreinigungsgas komprimiert werden muß. Dazu führt der Bruch einer Filterkerze während des Betriebes zu unzulässig hohen Staubemissionen mit einer Staubverschleppung, durch die bei kombinierten Gas-/Dampfturbinenprozessen die hinter dem Heißgasfilter angeordnete Gasturbine beschädigt werden kann. Deshalb werden Maßnahmen angestrebt, die auch beim Bruch einer Filterkerze die Aufrechterhaltung des Kraftwerksbetriebes erlauben. Die klassische Maßnahme dafür ist das Vorsehen einer zweiten Filterstufe in Form eines der Filterkerze nachgeschalteten Sicherheitsfilters.

Aus der EP 0 551951 A1 ist eine solche Methode für durch Rohgas von außen angeströmte Filterkerzen mit jeweils einem der einzelnen Filterkerze in Strömungsrichtung nachgeschalteten, im Reingasraum angeordneten Sicherheitsfilter bekannt, bei welchem die Abreinigung durch Rückspülen der Filterkerze von der Reingasseite her durch einen, in die Filterkerze eindringenden Freistahl erfolgt. Dies bedingt eine relativ schlechte Abreinigung, wobei zusätzlich ein Verlust an Spülgas durch den Sicherheitsfilter stattfindet.

Die vorliegende Erfindung hat daher zur Aufgabe, ein Verfahren zum Abreinigen von Filterkerzen anzugeben, das einerseits eine verbesserte Abreinigungsfunktion für die jeweilige Filterkerze aufweist und das andererseits auch noch nach dem Bruch einer einzelnen Filterkerze einer Filterkerzenbatterie oder -reihe für die Abreinigung der übrigen Filterkerzen ohne Kontaminationsverschleppung auf die Reinigasseite geeignet ist.

Zur Lösung der Aufgabe schlägt die vorliegende Erfindung die Merkmale vor, die im kennzeichnenden Teil des Patentan-

spruches 1 angeführt sind. Weitere, vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den kennzeichnenden Merkmalen der Unteransprüche zu sehen.

Weitere Einzelheiten der Erfindung sind im folgenden und anhand der Figuren 1 bis 4 näher erläutert. Es zeigen:

die Figur 1 ein Anlagenschema zur Durchführung des Verfahrens mit Gasführung beim normalen Filtrationsbetrieb,

die Figur 2 dasselbe jedoch mit Gasführung bei der Abreinigung,

die Figur 3 der Übergang laminar/turbulent (auf/zu) am Schaltelement,

die Figur 4 die Abreinigungsintensität des neuen Verfahrens im Vergleich zu einem konventionellen.

In den Figuren 1 und 2 ist schematisch ein Filtergehäuse 1 dargestellt, welches durch eine Trennwand 3 in einen Rohgasraum 4 und einen Reingasraum 5 aufgeteilt ist. In die Trennwand 3 ist bei der in der Figur 1 vereinfacht dargestellten Ausführung von oben her eine vorzugweise keramische Filterkerze 2 als rohrförmiges Filterelement eingesetzt, die von unten her von dem zu reinigenden Gasstrom durchströmt wird. Gebräuchliche Filteranlagen besitzen davon mehrere in Reihen oder Clustern angeordnete Filterkerzen in Form von Filterbatterien, die nicht näher dargestellt sind, für die das neue Verfahren jedoch ebenfalls vorgesehen ist und für die die in den Figuren 1 und 2 dargestellte Filterkerze 2 stellvertretend betrachtet wird. Im Reingasraum 5 hinter der Filterkerze 2 -in Strömungsrichtung des zu reinigenden Gasstromes gesehen- sitzt ein Sicherheitsfilter 6 direkt auf der Filterkerze 2 über der Trennwand 3, der eine größere Porenweite und damit eine höhere Durchlässigkeit als die der Filterkerze 2 aufweist.

Der Sicherheitsfilter 6, bei der dargestellten Ausführungsform ein ringförmiges, keramisches Element, ist nach unten zum Innenraum der Filterkerze 2 hin geöffnet, nach oben hin durch den Deckel 7 des Gehäuses 1 verschlossen, so daß er auch vom Reingasraum 5 her und zu diesem hin durchströmbar ist. Durch den Deckel 7 führen ein oder mehrere Anschlußleitungen 9 für die SpülLuft 8, mittels welcher die Filterkerze 2 zur Abreinigung der auf ihrer Rohgasseite im Rohgasraum 4 abgeschiedenen Partikel rückgespült werden soll. Zum Aufbringen der SpülLuft 8 ist in der Anschlußleitung 9 ein schnell öffnendes Abreinigungsventil 15 vorgesehen, wobei zwischen diesem und dem heißen Reingasraum 5 eine zusätzliche, hochtemperaturbeständige Klappe 16 zwischengeschaltet ist. Mit dieser Klappe 16 wird das eventuell temperaturempfindliche Abreinigungsventil 15 bei Hochtemperaturanwendungen gegen Temperaturbelastung durch Hitzeeinwirkung des heißen Reingases geschützt.

Der Reingasraum 5 ist an seiner, dem Abluftkanal 10 zugeordneten Seite diesem gegenüber durch ein besonderes "Schaltelement" abgeschlossen, welches einerseits den ungestörten Durchtritt der gereinigten Abluft ermöglicht, andererseits aber den Durchtritt der SpülLuft 8 in den Abluftkanal 10 verhindert. Dieses "Schaltelement" besteht aus einem strömungsdynamischen, pneumatischen Schalter 12 ohne bewegliche Teile, dessen Durchlaß wechselweise durch den an ihm vom Reingasraum 5 her anliegenden niedrigeren Prozessdruck freigegeben und durch den höheren Rückspüldruck gesperrt wird. Der Schalter 12 besteht dabei in einer besonders vorteilhaften Ausführung aus einem porösen keramischen Element, das, - in den Figuren 1 und 2 zur Prinzipdarstellung vergrößert abgebildete -, innere Durchgangskanäle 13 vom Reingasraum 5 zum Abluftkanal 10 aufweist. Das Verhältnis von freier Kanalfläche zum Restmaterial des Schalters 12 ist dabei so gewählt, daß beim Prozeßdruck eine widerstandsarme Durchströmung erfolgen kann, bei dem pulsweise aufgebrachten höheren Rückspül- bzw. Abreinigungsdruck der

Strömungswiderstand so groß ist, daß der Durchgang durch das poröse Element 12 praktisch gesperrt ist. Dadurch wird es nun möglich, daß der zum Rückspülen erforderliche Spülgasstrom vom Reingasraum hinter der Filterkerze 2 unter Absperren desselben gegen die Abluftseite durch den Sicherheitsfilter 6 in bzw. durch die Filterkerze 2 geführt werden kann. Als "Schaltelement" zum Absperren sind natürlich auch andere Schalter als das poröse keramische Element 12 denkbar, wichtig für den Hochtemperaturbetrieb ist dabei, daß für den Schaltvorgang ohne bewegliche Teile ausgekommen werden sollte. Wesentlich ist dabei, daß der Sicherheitsfilter 6 eine höhere Durchlässigkeit als die Filterkerze 2 und der strömungsdynamische Schalter 12 eine höhere als der Sicherheitsfilter 6 aufweist.

Die Funktion des Abreinigungsventiles 15 und der Klappe 16 ist nun wie folgt:

Im normalen Filtrationsbetrieb gemäß der Figur 1 bleibt die Klappe 16 geschlossen und schirmt dadurch das ebenfalls geschlossene Abreinigungsventil 15 gegen direkte Hitzebelastung ab. Bei Einleitung eines Abreinigungsvorganges wird zunächst die Klappe 16 geöffnet, ihre Schaltzeit liegt etwa im Sekundenbereich. Danach wird das schnellöffnende Abreinigungsventil 15 mit einer Schaltzeit im Bereich von einigen 10 msec geöffnet und die Spülluft 8 strömt nacheinander durch das Abreinigungsventil 15 und die Klappe 16 in den Reingasraum 5 und gelangt über den Sicherheitsfilter 6 und die Filterkerze 2 an die abzureinigende Staubschicht 17 auf der Außenseite der Filterkerze 2. Zur Beendigung des Abreinigungsvorganges schließt zunächst das Abreinigungsventil 15 und danach die temperaturbeständige Klappe 16. Da der Abreinigungsvorgang selbst nach einer Zeit von weit unter 1sec abgeschlossen ist, ergibt sich entsprechend für die Klappe eine Gesamtöffnungszeit von lediglich wenigen Sekunden, in welcher das Abreinigungsventil 15 hohen Temperaturen ausgesetzt ist.

Durch die direkte Koppelung der Abreinigungseinheit für eine oder mehrere Filterkerzen 2 über den porösen Sicherheitsfilter 6 kann nun einerseits die Abreinigungsintensität beliebig eingestellt werden, andererseits fungiert dieses Sicherheitsfilter 6 als integriertes Sicherheitselement. Die Freischaltung der Spülluft 8 im Abreinigungsfall bzw. der gereinigten Abluft 11 ermöglicht dabei der im Vorstehenden erwähnte Schalter 12. Die erzielbare Abreinigungsintensität wird dabei allein durch den statischen Druck im Abreinigungssystem vorgegeben. Sie ist daher nicht mehr hydraulisch begrenzt und kann entsprechend dem erforderlichen Überdruck in der Filterkerze 2 eingestellt werden. Insbesondere im kritischen Einlaufbereich der Kerzen lässt sich dadurch die Abreinigungsintensität anheben, bei gleichzeitig signifikant verringertem Abreinigungsvordruck (siehe die Figur 4). Auch verstopfte Filterkerzen lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wieder freiblasen, da die Abreinigungsintensität nahezu unabhängig vom Beladungszustand der Filterkerze ist.

Der Schalter 12 besteht vorteilhafterweise aus einem Wabekörper mit durchgehenden Längskanälen mit Querschnitten im Bereich von wenigen  $\text{mm}^2$ , wobei als Material für den Wabekörper Keramik wie z.B.  $\text{SiC}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Cordierit oder Spinell verwendet werden kann. Er kann aber auch aus porösen Materialien wie Schäumen, Metallfasern, -geweben oder anderen Fasermaterialien, Kornkeramik oder Sintermetallen mit einem durchgehenden Poresystem mit wenigen  $100 \mu\text{m}$  Querschnitten bestehen. Die porösen Materialien können dabei  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oder Spinell sein.

Charakteristische Betriebswerte des Verfahrens sind wie folgt:

Spüldruck der Spülluft 8: 0,5 bis 1 bar über dem Systemdruck,

Druckverlust der Filterkerze 2 und des Sicherheitsfilters 6: 500 bis 1000 Pa bei 5 cm/sec Durchströmungsgeschwindigkeit

Druckverlust des Schalters 12: 30 bis 250Pa bei 2,5 cm/sec

Dabei handelt es sich jeweils um den die Durchlässigkeit bestimmenden Druckverlust.

Die Figur 3 zeigt anhand des Volumenstromes über dem Differenzdruck den Übergang laminar/turbulent (auf/zu) am Schaltelement einer Anordnung von drei Filterkerzen. Die Filtration erfolgt etwa bis zu einem Differenzdruck von 2 mbar bei einem Volumenstrom von 90 m<sup>3</sup>/h. Dabei liegt in den Kanälen 13 des Schalters 12 eine laminare Strömung vor. Der Zusammenhang zwischen Volumenstrom und Differenzdruck ist noch linear. Bei Erhöhung der Werte, hier durch Aufbringen des Druckes der SpülLuft 8, schlägt die Strömung in den Kanälen 13 von laminar zu turbulent um. Die Abreinigung erfolgt bei einem Druck von etwa 200 mbar, die Strömung in den Kanälen ist turbulent, der Druckverlust darin ist stark erhöht, der Schalter 12 ist damit für eine Durchströmung praktisch geschlossen.

In der Figur 4 ist die Abreinigungsintensität des neuen Verfahrens (Kreise) an der jeweiligen Kerzenposition, das heißt über die Länge einer Kerze hinweg, im Vergleich zu einem konventionellen Verfahren (Quadrate) dargestellt. Es werden wesentlich niedrigere, erforderliche Abreinigungsdrücke an den jeweiligen Positionen benötigt, um die für eine wirkungsvolle Abreinigung erforderlichen Differenzdrücke zu erhalten.

Das neue Verfahren bringt damit eine erhöhte Sicherheit gegen Staubdurchbruch. Die Verfahrensführung durch das aufgesetzte Sicherheitsfilter garantiert zu jedem Zeitpunkt und

damit auch bei Kerzenbruch die Einhaltung der geforderten Reingasstaubgehalte. Weiter wird ein sicherer Weiterbetrieb der unbeschädigten Filterelemente ermöglicht. Filterkerzen 2, die in Reihe oder im selben Cluster angeordnet sind wie ein beschädigtes Element, können sicher weiterbetrieben werden ohne Gefahr des Staubeintrages von des Reingasseite her, bei unverändert hoher Abreinigungsintensität. Als weiterer Vorteil sind keine speziellen Rohrleitungen im Hochtemperaturteil des Filters mehr erforderlich. Die erforderlichen Sicherheitsfilter 6 werden auf die vorhandene Filterkerze 2 einfach aufgesetzt oder sind Bestandteil derselben. Das Schaltelement 12 kann als starres Teil in die Reingasleitung eingebaut werden. Die gesamte Filteranlage kann dadurch kompakter gehalten werden. Für die Abreinigung ist jeweils nur ein konstanter Überdruck zwischen 0,5 und 1 bar erforderlich, unabhängig vom Systemdruck. Der Vorteil bei einem hohen Systemdruck ist dabei offensichtlich. Während der überwiegenden Dauer des Abreinigungsvorganges gelangt nur heißes Gas aus dem Reingasraum der Filtereinheit in die Filterkerzen 2. Ein erhöhte Thermowechsel- oder Thermoschockbeanspruchung der Filterkeramik tritt dadurch nicht mehr auf. Auch können letztlich die Absperrorgane 15 und 16 für die Spülluft 8 in größerem Abstand von dem Deckel 7 angeordnet werden, was unter Hochtemperaturbedingungen von erheblichem Vorteil ist.

Bezugszeichenliste:

- 1 Filtergehäuse
- 2 Filterelement
- 3 Trennwand
- 4 Rohgasraum
- 5 Reingasraum
- 6 Sicherheitsfilter
- 7 Deckel
- 8 Spülluft
- 9 Anschluß
- 10 Abluftkanal
- 11 Abluft
- 12 poröses Element, strömungsdynamischer Schalter
- 13 Kanäle
- 14 Rohgas
- 15 Abreinigungsventil
- 16 Klappe
- 17 Staubschicht

Zusammenfassung:

Ein Verfahren zum Abreinigen von durch Rohgas von außen angeströmten Filterkerzen mit jeweils einem der einzelnen Filterkerze in Strömungsrichtung nachgeschalteten, im Reingasraum angeordneten Sicherheitsfilter durch Rückspülen der Filterkerze von der Reingasseite her. Der zum Rückspülen erforderliche Spülgasstrom vom Reingasraum hinter der Filterkerze wird unter Absperren desselben gegen die Abluftseite durch den Sicherheitsfilter in bzw. durch die Filterkerze geführt, wobei das Absperren durch einen strömungsdynamischen, pneumatischen Schalter ohne bewegliche Teile erfolgt, dessen Durchlaß wechselweise durch den an ihm vom Reingasraum her anliegenden niedrigeren Prozessdruck freigegeben und durch den höheren Rückspüldruck gesperrt wird.

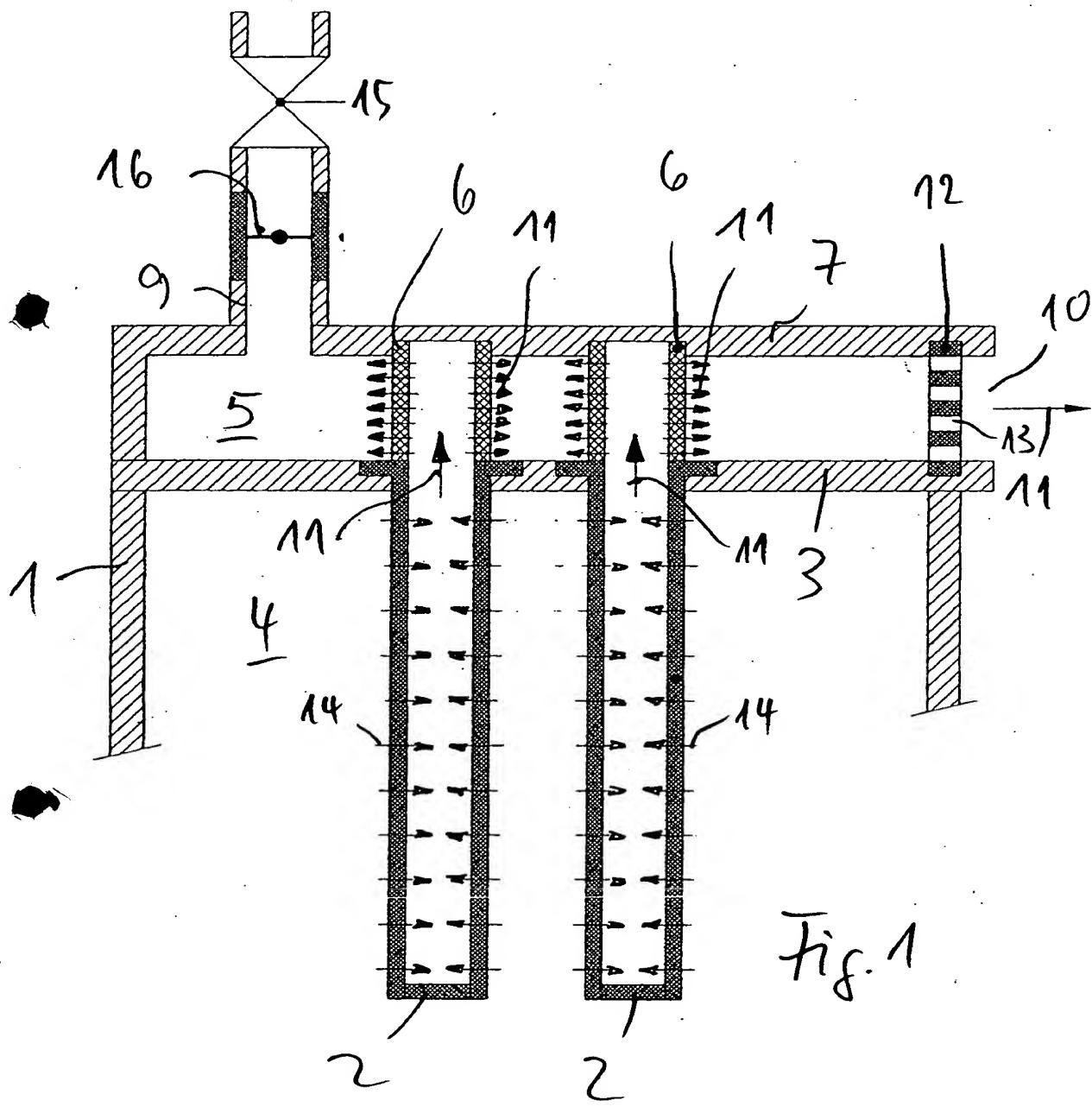
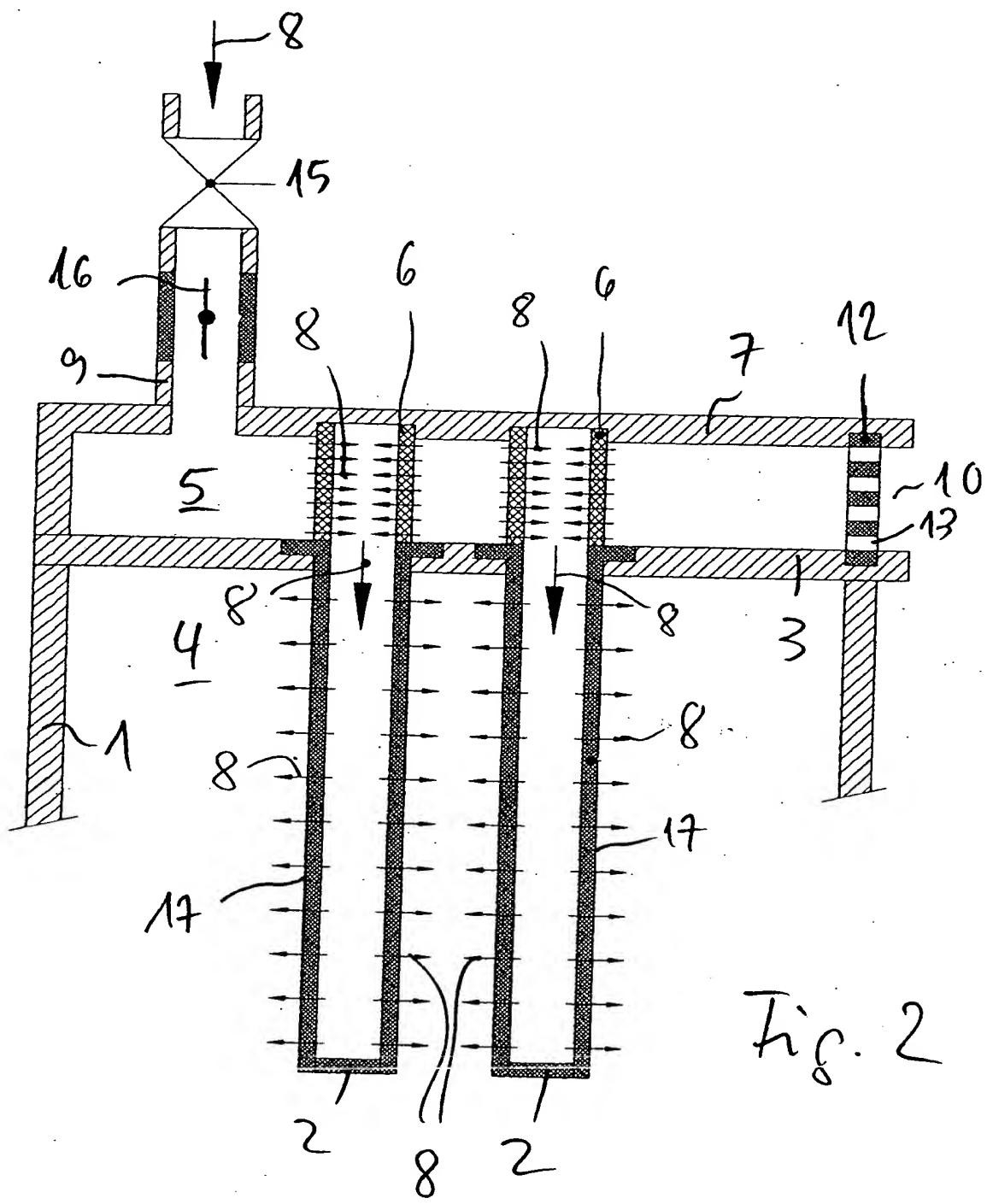


Fig. 1



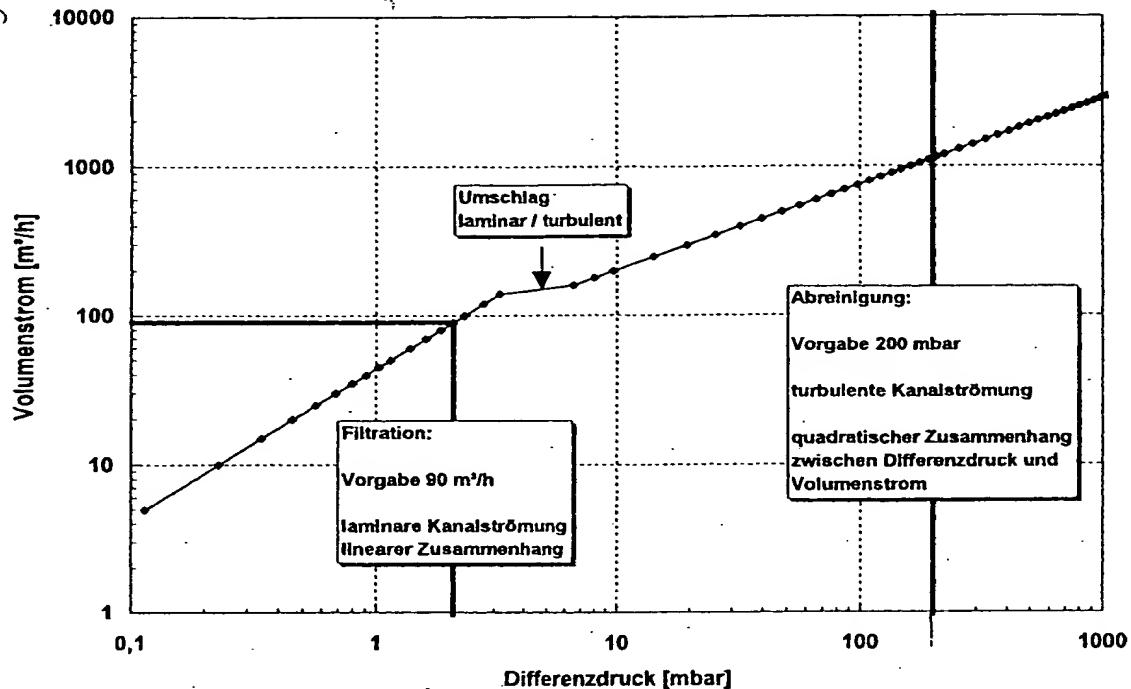


Fig. 3

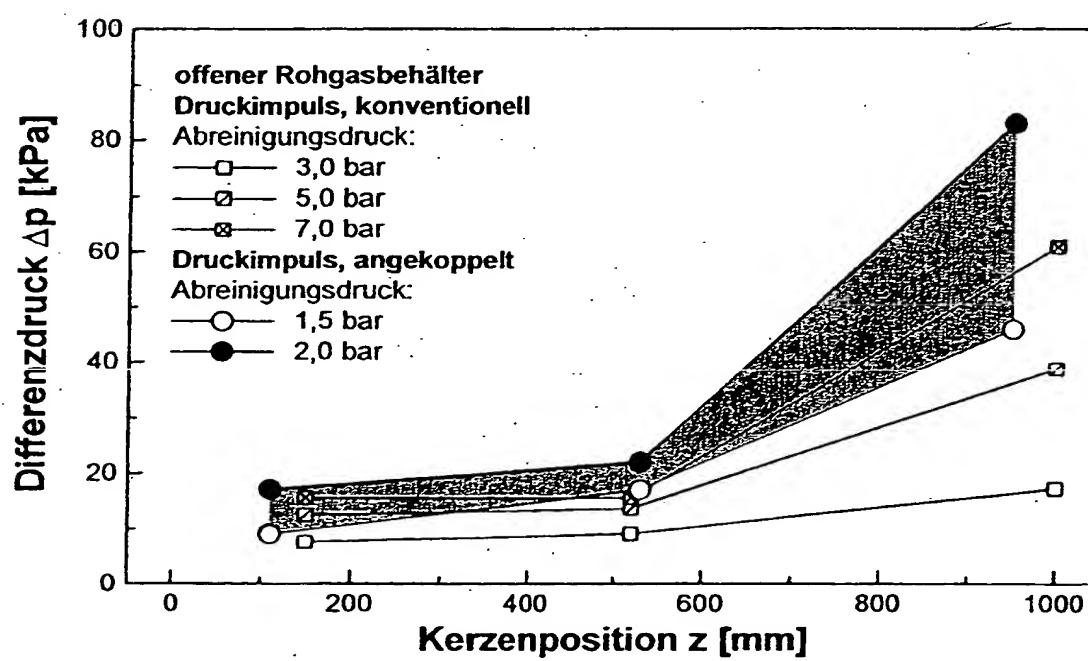


Fig. 4